

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-281507

(P 2 0 0 1 - 2 8 1 5 0 7 A)

(43) 公開日 平成13年10月10日 (2001. 10. 10)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード (参考)
G02B 6/42		G02B 6/42	2H037
6/30		6/30	2H079
G02F 1/035		G02F 1/035	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2000-101316 (P 2000-101316)	(71) 出願人	000183266 住友大阪セメント株式会社 東京都千代田区六番町六番地28
(22) 出願日	平成12年 3 月31日 (2000. 3. 31)	(72) 発明者	山田 学 千葉県船橋市豊富町585 住友大阪セメント株式会社新規技術研究所オプトエレクトロニクス研究部内
		(72) 発明者	宮崎 徳一 千葉県船橋市豊富町585 住友大阪セメント株式会社新規技術研究所オプトエレクトロニクス研究部内
		(74) 代理人	100077517 弁理士 石田 敬 (外 4 名)

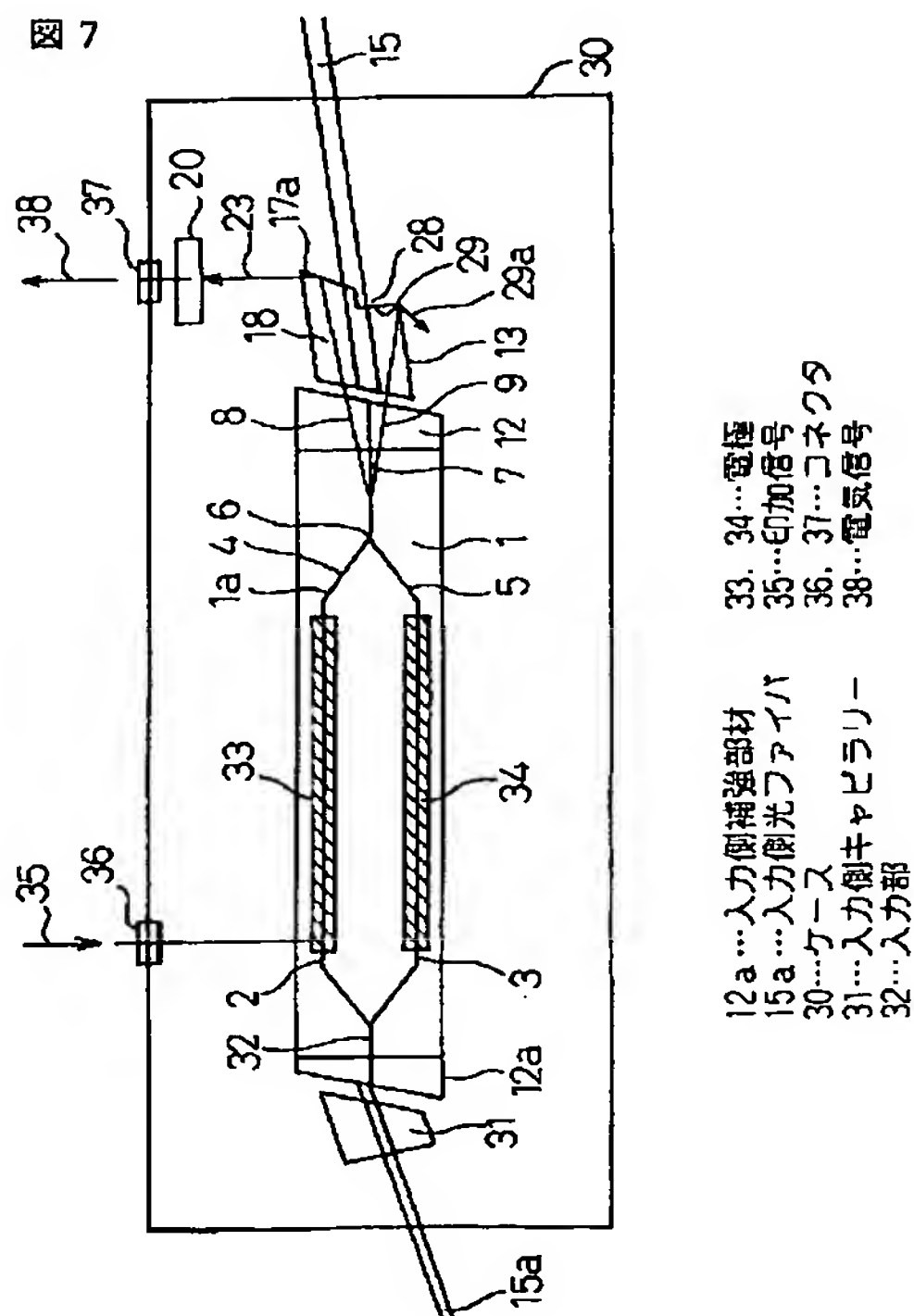
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 出力光モニタ付光導波路型光変調器

(57) 【要約】

【課題】 光変調器の実質的構造を変更することなく、簡単な構造のモニタ手段により、出力光の強度をモニタできる出力光モニタ付光導波路型変調器の提供。

【解決手段】 誘電体基板及びその表面部分に形成された複数の分岐部と、その合一部と出力部とを有する光導波路とを有する光導波路素子と、光導波路の出力端に接合された光ファイバと、光導波路と光ファイバとの接合部を補強する補強部材と、光導波路素子の基板出力側端面から放射される放射モード光を受光する光電変換素子とを有する変調器において、補強部材として、光導波路から放射される放射モード光を受光し伝播するキャピラリーを用い、キャピラリーの先端面の約半部のみに、放射モード光を光電変換素子に向けて反射し、これを受光させるモニタ光用反射面が形成され、他の半部は、放射モード光を光電変換素子に受光せしめない非モニタ面をなしている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 誘電体基板、この基板の表面部分に形成され、二以上の分岐光導波路部と、これらの分岐光導波路部の合一点から伸び出ている光導波路出力部とを有する光導波路、及び前記光導波路出力部の出力端部分を補強する光導波路出力端部分補強部材を有する光導波路素子と、前記光導波路出力部の出力端に接続されている一端面を有する光ファイバと、前記光導波路出力部の出力端と前記光ファイバ端面との接続部を補強する光ファイバ補強部材と、前記分岐光導波路部の合一点から放射され、かつ前記光導波路出力部の両側を通して伝播される放射モード光の一部を、前記誘電体基板及び前記光ファイバ補強部材を介して受光する光電変換素子と、を有し、前記光ファイバ補強部材が、前記光ファイバ接続端部分を收容する中空部を有し、かつ、前記放射モード光を伝播するキャピラリーであって、このキャピラリーの一端面は、前記誘電体基板及び、前記光導波路出力端部補強部材の端面に接合されており、前記キャピラリーの先端面を形成する他端面の約半部のみに、前記放射モード光の一部を前記光電変換素子に向けて反射し、これを受光させるモニタ光用反射面が形成されており、他の約半部は、前記放射モード光を、前記光電変換素子に受光せしめることがない非モニタ面をなしていることを特徴とする出力光モニタ付光導波路型光変調器。

【請求項 2】 前記キャピラリーの前記反射面が、このキャピラリーの前記中空部の長手方向軸に対して傾斜していて、前記反射面において反射された放射モード光を前記光電変換素子に受光させる、請求項 1 に記載の出力光モニタ付光導波路型光変調器。

【請求項 3】 前記キャピラリーが中空円筒形をなしている、請求項 2 に記載の出力光モニタ付光導波路型光変調器。

【請求項 4】 前記キャピラリーの先端面の、前記反射面をなす約半部と、他の約半部との境界線が、前記反射面を形成する約半部、及び前記他の半部のそれぞれを通る前記放射モード光の伝播路の中間にあり、かつこの境界線が、前記キャピラリーの先端面において、前記キャピラリーの中空部の中心軸と交差し、かつ前記境界線と同一方向に伸びる中心線と、前記中心線に平行であって、かつ、前記キャピラリーの中空部の外周線の、前記反射面を形成する約半部側部分に接する接線との間に位置している、請求項 1 に記載の出力光モニタ付光導波路型光変調器。

【請求項 5】 前記キャピラリーの非モニタ面が、前記キャピラリーの先端面の前記反射面を残して、他の約半部を内側に切り込み除去することにより形成されている、請求項 1 に記載の出力光モニタ付光導波路型光変調

器。

【請求項 6】 前記キャピラリーの非モニタ面が、前記放射モード光を反射することがない非反射面である、請求項 1 に記載の出力光モニタ付光導波路型光変調器。

【請求項 7】 前記キャピラリーの非モニタ面に対して、この非モニタ面において反射した反射モード光を遮断する手段が、この非モニタ面と、前記光電変換素子の受光面との間に配置されている、請求項 1 に記載の出力光モニタ付光導波路型光変調器。

【請求項 8】 前記キャピラリーの非モニタ面に対して、前記キャピラリー中に、前記放射モード光を、前記非モニタ面上流において遮断する手段が設けられている、請求項 1 に記載の出力光モニタ付光導波路型光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、出力光モニタ付光導波路型変調器に関するものである。更に詳しく述べるならば、本発明はモニタ用出力光として光導波路から放射される放射モード光を適宜の方向において利用し、変調器そのものの実質的構造を変更することなく、簡単なモニタ手段により、出力光をモニタし光変調器の動作点をフィードバック制御し得る出力光モニタ付光導波路型変調器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光導波路素子の出力光をモニタする方法として、光導波路素子内に方向性結合器（カプラ）などを配置して、光信号出力用導波路とは別に、モニタ光出力用導波路を設ける方式が一般的に行なわれている。この方式においては、光導波路素子内に、モニタ光分岐用の光回路を新たに設ける必要があり、またモニタ出力用光ファイバを、光出力信号用光ファイバとは別に光導波路素子に接続する必要がある。

【0003】また、別のモニタ方式として、特開平 1 1 - 1 9 4 2 3 7 号に開示されている様に、光導波路上のクラッド部に傾斜穴をつけるか、あるいは光導波路素子上に回折レンズなどを配置し、光導波路中の信号出力光の一部分を、このレンズ等により素子基板の外に取り出す方式が知られている。この方式においては、光導波路型光導波路素子上に、モニタ光取り出し用レンズ等を、新たに取付けることが必要であり、また、モニタ光は、光導波路素子の上方に取り出されるため、モニタ光の受光部材は、光導波路型素子を、その收容ケース内に実装した後に、この素子に取り付けなければならない、この取り付けには、かなりの手間を要する。

【0004】さらに、特開平 5 - 3 4 6 5 0 号には、光導波路素子の素子端を斜めに形成し、導波路から出力する光の一部分を斜め方向に反射させ、この反射光をモニタ光として受光する方式が開示されている。この方式においては、素子端面の傾斜形状は、素子からの主出力光

に悪影響を与えない範囲内において選定する必要があり、このためこの方式の実用性については問題がある。

【0005】特開平5-53086号には、光導波路素子上に直接受光素子を設置し、光導波路中の信号出力光の一部を直接受光し、モニタするデバイスが記載されている。このデバイスにおいて、受光素子の取付手段を、光導波路素子上に取り付けることが必要であり、かつ、この取付手段の実装及びそれに受光素子を接続する作業及び調整作業は、光導波路素子を、それを収容するケースに実装した後に行われるから、この受光素子の取り付け、調整作業は、かなり難かしく、光導波路素子にダメージを与える可能性が高くなる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、モニタ用出力光として、光導波路から放射される放射モード光を、適宜の方向において利用し、変調器そのものの実質的構造を変更することなく、簡単な構造と、優れた加工性及び光ファイバ操作性を有するキャピラリーを利用したモニタ手段により、出力光の強度をモニタできる出力光モニタ付光導波路型変調器を提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器は、誘電体基板、この基板の表面部分に形成され、二以上の分岐光導波路部と、これらの分岐光導波路部の合一点から伸び出ている光導波路出力部とを有する光導波路、及び前記光導波路出力部の出力端部分を補強する光導波路出力端部分補強部材を有する光導波路素子と、前記光導波路出力部の出力端に接続されている一端面を有する光ファイバと、前記光導波路出力部の出力端と前記光ファイバ端面との接続部を補強する光ファイバ補強部材と、前記分岐光導波路部の合一点から放射され、かつ前記光導波路出力部の両側を通して伝播される放射モード光の一部を、前記誘電体基板及び前記光ファイバ補強部材を介して受光する光電変換素子と、を有し、前記光ファイバ補強部材が、前記光ファイバ接続端部分を収容する中空部を有し、かつ、前記放射モード光を伝播するキャピラリーであって、このキャピラリーの一端面は、前記誘電体基板及び、前記光導波路出力端部補強部材の端面に接合されており、前記キャピラリーの先端面を形成する他端面の約半部のみに、前記放射モード光の一部を前記光電変換素子に向って反射し、これを受光させるモニタ光用反射面が形成されており、他の約半部は、前記放射モード光を、前記光電変換素子に受光せしめることがない非モニタ面をなしていることを特徴とするものである。本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器において、前記キャピラリーの前記反射面が、このキャピラリーの前記中空部の長手方向軸に対して傾斜していて、前記反射面において反射された放射モード光を前記光電変換素子に受光させることが好

ましい。本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器において、前記キャピラリーが中空円筒形をなしていることが好ましい。本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器において、前記キャピラリーの先端面の、前記反射面をなす約半部と、他の約半部との境界線が、前記反射面を形成する約半部、及び前記他の半部のそれぞれを通る前記放射モード光の伝播路の中間にあり、かつこの境界線が、前記キャピラリーの先端面において、前記キャピラリーの中空部の中心軸と交差し、かつ前記境界線と同一方向に伸びる中心線と、前記中心線に平行であって、かつ、前記キャピラリーの中空部の外周線の、前記反射面を形成する約半部側部分に接する接線との間に位置していることが好ましい。本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器において、前記キャピラリーの非モニタ面が、前記キャピラリーの先端面の前記反射面を残して、他の約半部を内側に切り込み除去することにより形成されていてもよい。本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器において、前記キャピラリーの非モニタ面が、前記放射モード光を反射することがない非反射面であっててもよい。本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器において、前記キャピラリーの非モニタ面に対して、この非モニタ面において反射した反射モード光を遮断する手段が、この非モニタ面と、前記光電変換素子の受光面との間に配置されていてもよい。本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器において、前記キャピラリーの非モニタ面に対して、前記キャピラリー中に、前記放射モード光を、前記非モニタ面上流において遮断する手段が設けられていてもよい。

【0008】

【発明の実施の形態】マッハツェンダ型導波路などを使用しON/OFF信号出力を得る光変調器において、OFFモード状態、すなわち光信号が出力されていない状態において発生する放射モード光は、基板内において、光信号出力が導波される出力光導波路に対して、斜め外側方向に放射される。この放射モード光は約0.7度の放射角をなして導波路出力部から遠ざかりながら通常基板内を伝播し、最終的には基板端面より外部に放射される。また、放射モード光の光量は出力光導波路内を通る光信号出力の光量と相補の関係にあるので、放射モード光を検知することにより光信号出力のモニタが可能である。

【0009】光変調器の基板端面には、光導波路からの光信号出力を受け取り変調器の外部に導光するための光ファイバが取り付けられるが、この光ファイバの外径は $125\mu\text{m}$ と非常に細いため、基板端面に単純に接合しただけでは接着強度が不足する。このため、「ファイバ補強部材」を使用して光ファイバを被覆しこの補強部材の1端面を、基板端面に接合することにより光ファイバと光導波路との接続部を補強保護し、その接着強度を向上させることができる。一般に、この光ファイバ補強部

材には、通常シリコン材料あるいはセラミックス材料が使用されている。ここで、ファイバ補強部材を、その材質として信号光／放射モード光が透過するものを用い、さらに、基板端面より放射される前記放射モード光を受光し得る大きさに形成すれば、放射モード光をこのファイバ補強部材内に導光することができる。

【0010】前記光ファイバ補強部材の反対側端面（光ファイバ補強部材の、光導波路素子の出力端面に接着されている接合端面に対し反対側の面）を、前記接合端面に対して傾斜するように形成すると、この傾斜端面において、補強部材中を伝播してきた放射モード光が反射され、補強部材の外（出力光ファイバが取り出される方向とは異なる上、右、下、左のいずれかの方向）に放射される。この放射された光を、光導波路素子ケース内に、光導波路素子とは別個に配置された受光素子、例えばフォトダイオード（PD）を配置して検知して放射モード光の光量を測定し、その値から、光導波路から出力されている光量をモニタすることができる。

【0011】上記補強部材の傾斜端面の傾斜角度、及び方向を設定することにより、放射モード光の反射放射方向を設定し、この放射光を受光できる位置に受光素子を配置し、取り付け、配線することができる。従って、受光素子の配置位置を、光導波路素子の機能及び各部材の配置位置に影響しないように選定することが、前記補強部材の傾斜端面の設定により可能になる。

【0012】図1（a）及び（b）により放射モード光を説明する。図1（a）において、誘電体基体1上に光導波路1aが形成されていて、この光導波路1aは、光入力源に連続された入力部（図示されていない）、この入力部から分岐した分岐部2、3、これら分岐部2、3の分岐部の出力側部分4、5、この出力側部分4、5が、収斂して、分岐部2、3、4、5を通る光が干渉合波する合一点6、及び、この合一点6から伸び出ている出力部7を有している。分岐部2、3の近傍に配置された電極（図示されていない）にRF信号を加えると、分岐部2、3を通る光波の光位相が、異なる変化をして、これらの光波を合一点6において合波すると、互いに干渉して、光強度が、RF信号に応じて変化し、所謂光信号となって、導波路出力部7から出力される。光信号と相補の関係にある光が、放射モード光8、9として、合一点6から基板1内に放射され出力部7の両側の斜め外側向きの伝播路8、9を通して伝播される。放射モード光8、9は、光導波路1aの出力部7から出力される単一モード光に対して高次モード光であり、放射モード光8及び9は、互いに位相が180度異っている。

【0013】図1（b）には、図1（a）の光導波路素子の右側端面を示す説明図であって、光導波路の出力部7を通る信号光11と、放射モード光伝播路8a、9aを通る放射モード光8、9とは、約0.7度の角度をなしている。

【0014】図2には、上記放射モード光を、モニタ用に用いる従来装置の一例の一部分の平面（一部断面）説明図が示されている。図2において、基板1の出力側端面には基板1と同一の光学的特性を有する材料からなり、前記端面を補強する光導波路出力端部分補強部材12が、貼合されている。基板1と、補強部材12とは同一光学軸を有している。

【0015】基板1の出力側端面10に、キャピラリー13の一端部16が、接着固定されている。図2において、基板端面10とキャピラリー端面16とは離間して画かれているが、両者は、接着剤により、強固に接着固定されている。キャピラリー13の長手方向中心軸に沿って中空部14が形成されていて、この中空部14中に光ファイバ15が収容され、接着剤により固定される。光導波路出力部7の出力端は、キャピラリー13の中空部14に露出していて、この出力端に、光ファイバ15の先端部が接合固定される。中空部14の直径は、光ファイバ15を収容可能でありかつ、光ファイバのハズレを防止し得るようにするために、光ファイバ15の直径とほぼ同程度で、やや大きい程度に設定される。

【0016】キャピラリー13の他の端面（先端部）17は、キャピラリー13の中空部14の長手方向軸に傾斜して形成される。キャピラリー13の内部18を伝播した放射モード光8、9は、先端部17で反射され、その反射された放射モード光23、24は、光電変換素子20の受光面により受光される。光電変換素子は、受光した放射モード光に基づいて、モニタ信号を出力する。

【0017】図3には、図2の装置において、反射面17から反射され、光電変換素子20によりモニタされ、出力した光の波形を例示したものであって、曲線21は、出力光ファイバ15から出力された光信号の波形を示し、曲線22は、反射された放射モード光23を光電変換素子20によりモニタした光の波形である。両光波21及び22は、互いに異なるが、相補の関係にある。

【0018】図2に示された従来装置において、キャピラリー13の反射面17の、光電変換素子20に近い上半部17aから反射された放射モード光23と、光電変換素子20から遠い下半部17bから反射された放射モード光24とは、それぞれ、図4に示されているように光電変換素子20の受光面の入射矩形面域25及び26に入射する。この矩形面域25及び26は、面域27において互いに重なっていて、この面域において入射した放射モード光は、互いに干渉し、このため、光電変換素子20のモニタ光出力が、環境温度その他の外乱により変動する（揺らぐ）という問題を生ずる。

【0019】本発明は、上記問題点を解決し、光電変換素子からのモニタ光出力を、安定させるものである。本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器においては、キャピラリー13の内部18を伝播する放射モード光の部分、キャピラリー13の先端部の約半部においての

み、これを光電変換素子に向って反射し、受光させるように、前部半部にモニタ光用反射面が形成されていて、反射面の約半部には、放射モード光を、光電変換素子に受光させない非モニタ面をなしている。

【0020】本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の一例が図5に示されている。図5において、基板1の出力端及びそれに接合された補強部材12の出力端部の端面は、光導波路出力部7の長手中心軸に直角をなす平面に対し、傾斜して、例えば5度の傾斜角をもって形成されている。キャピラリー13の長手中心軸の方向も、光導波路出力部7の長手方向に対して傾斜する方向に伸びており、従って、光導波路出力部7の出力端面と、光ファイバの接続端面（図示されていない）とは、互いに傾斜して接続されている。例えば、補強部材12の端面と、キャピラリー13の中空部14の長手方向中心軸14aに直角をなす平面とは、7度の傾斜角をなしている。

【0021】図5において、キャピラリー13の先端面上半部17a（光電変換素子20に近い約半部）に反射面が形成され、この上半部反射面17aにおいて反射された放射モード光23のみが光電変換素子20により受光される。キャピラリー先端部分の下半部は、図5に示されているように、先端面から深さWまで切り込まれ、キャピラリーの周面から深さFの部分28が、除去される。この除去部分28の除去によりキャピラリー13の下半部に形成された端面29においては、放射モード光は、矢印29aの方向に反射されるから、光電変換素子20により受光されることはない。このため、図5の光変調器においては、放射モード光の一部がキャピラリー先端面の下半部から反射されて、光電変換素子に受光されることはなく、その結果、図4に示されている面域27のような干渉領域を生ずることがなく、光電変換素子から出力されるモニタ光が安定化される。

【0022】キャピラリー13の反射面17aと、中空部14の長手方向中心軸14aとのなす角度は、反射光が、光電変換素子20に受光されるように適宜に設定できるが、一般に、40～46度の角度に設定されることが好ましい。キャピラリー13の長さは、光ファイバの保持が確実になるように、2～4mmの範囲に設定されることが好ましく、キャピラリー13の直径は、放射モード光の所望光量を、光電変換素子に受光させるための所要の反射面を形成できるように適宜に設定し得るが一般に、0.25～2.5mm程度であることが好ましい。キャピラリー13の反射面17aから反射された放射モード光は、光電変換素子の受光面に、ほぼ直角をなす入射光で入射することが好ましい。キャピラリーの周面は円柱状周面をなしていることが好ましく、このようにすると、キャピラリーの周面は円柱レンズ効果を示し、有限の焦点距離を有する。この焦点距離近傍に光電変換素子の受光面を配置することが好ましく、これにより、S/

Nが良好になる。

【0023】図5に示されているように、キャピラリー13の先端面部の下半部28を除去することにより、下記の効果が得られる。

(1) キャピラリー13の中空部14は光ファイバ15を通すためできるだけ大きな直径を有することが望ましいが、放射モード光の放射角が約0.7°と小さいため、放射モード光をキャピラリーの肉質部18を伝搬させるには、中空部の孔径は小さい程好ましい。このため、光ファイバ外径よりも1μm程度大きな孔径とするが、この場合、図2のように、キャピラリー先端面全面が斜面のままでは、中空部に光ファイバを導入するのが非常に困難である。また、通常、光ファイバ導入部にはテーパ付き部分を設けて光ファイバを導入し易くするが、このようなテーパ付導入部も、上記と同じ理由により採用できない。しかし、図5の様な構造とすれば、除去部分28に対向する中空部は、穴ファイバ導入用溝として機能し、光ファイバを案内し、光ファイバの中空部導入を容易にする。

(2) また、光ファイバは、通常、アライメント後に補強のためキャピラリーに接着固定されるが、この接着剤が反射面17aに回り込み反射性能を変動させるという問題を生ずるが、上記除去部分28は、接着剤に対しトラップ機能を示し、反射面17aへの回り込みを防止することができる。

【0024】キャピラリーの除去部分28に、上記の効果を発揮させるためには、前記キャピラリーの先端面の、前記反射面をなす約半部と、他の約半部との境界線が、前記反射面を形成する約半部、及び前記他の半部のそれぞれを通る前記放射モード光の伝播路の中間にあり、かつこの境界線が、前記キャピラリーの先端面において、前記キャピラリーの中空部の中心軸と交差し、かつ前記境界線と同一方向に伸びる中心線と、前記中心線に平行であって、かつ、前記キャピラリーの中空部の外周線の、前記反射面を形成する約半部側部分に接する接線との間に位置しているようにすればよい。すなわち図5において、キャピラリーの中空部の長手方向中心線に直角をなす断面でみたとき、図6に示されているように、反射面17aを形成する約半部と除去部分28との境界線40は、放射モード光の伝播路8a、9aの中間にあり、かつ中空部14の中心軸14aと交差する中心線40aと、中空部14の外周に接する接線40bとの間にあることが好ましい。換言すれば、図5において、キャピラリーの外周から切り込み深さFと、キャピラリーの半径Rと、中空部の半径rとの関係は、 $R \leq F \leq R + r$ であることが好ましい。

【0025】キャピラリー13と、その中空部14とは、前述のように同心であることが望ましいが、放射モード光に対し、所望の反射ができる範囲内で、若干偏心していてもよい。また、除去部分28の、キャピラリー

先端面からの切り込み深さWは、適宜に設定することができるが、一般に作業性及びキャピラリーの強度とが両立するように0.2～1mmにすることが好ましい。さらに、基板1に取りつけられる補強部材12及び基板1の端面10における放射モード光の反射の影響を除くために、この端面10の、光導波路出力部7に直角をなす平面との間に、前述のように5°程度の傾斜角を持たせることが好ましく、また、この端面10と、キャピラリー中空部14の長手方向に直角をなす平面との間に、約7度程度の傾斜角をもたせることが好ましい。

【0026】キャピラリーの放射モード光反射面は、その反射率を高めるために、金属膜（例えば金、クロム又はアルミニウム膜）又は誘電体多層膜（例えばTiO₂膜とSiO₂膜との交互多層膜）を蒸着することが好ましい。また光電変換素子としては、ホトダイオード（PD）を、用いることが好ましく、放射モード光を受光して、これを電気信号に変換して出力する。

【0027】

【実施例】本発明の光変調器の一例を図7に示す。図7において、ケース（箱体）30内に、LiNbO₃などの強誘電体からなる基板1を固定し、その表面部分に、光導波路1aを形成し、この光導波路1aは、光導波路入力部32、それから分岐した分岐部2、3、その分岐部出力部4、5、合一部6、及び出力部7を有し、分岐部3、4上に電極33、34が配置されている。基板1の入力端部には入力端部補強部材12aが配置され、その入力端面に、入力側キャピラリー31が接合され（図7においては、両者は離間して画かれている）キャピラリー31の中空部（図示されていない）を通して入力側光ファイバ15aが導入され、その先端面が、光導波路入力部32の入力端面に接続されている。

【0028】光導波路1aの出力端部は、図5と同様にして、出力側キャピラリー13、出力側光ファイバ15が接続されている。光が、補強部材31により補強された入力側光ファイバ15aから、光導波路入力部32に入力し、この光を分岐部2及び3に分配し、電極33、34に、電気信号35を、例えばケース30の側面に配置されたコネクタ36を介して分岐部2、及び3に印加すると、分岐部2及び3を伝播する光波の光位相が、印加信号35に応じて変化し、この光波が、合一部6において合波し、互に干渉して信号光を発生する。この干渉後の信号光は、キャピラリー13により補強された光ファイバ15を通してケース30の外に出力される。

【0029】合一部6で、基板1内に放射された2つの放射モード光8、9のうち、放射モード光8は、キャピラリー13の内部18を通りキャピラリー13の先端面の上半部に形成された反射面17aにおいて反射され、キャピラリー13の円柱状周面において集光されながら、光導波路1aの出力部7にほぼ直角をなす方向（ケース30の側面にほぼ直角をなす方向）に放射される。

この放射光束23は、それに対し、それをほぼ直角に、かつ、受光面からの反射光が、反射面に戻らない角度に受光し得るように配置された（ケース30の側面に固定された）光電変換素子（PD）20の受光面に受光される。受光された放射モード光による信号は、光電変換素子20において電気信号に変換され、この電気信号38は、光出力モニタ信号としてコネクタ37を介して、ケース30の外に出力される。

【0030】合一部から放射された放射モード光9は、キャピラリー13の内部を伝播して、その先端面下半部に形成された除去部分28の端面29に到達し、この端面29において光電変換素子20には到達しない方向29aに反射される。上記のモニタ機能は、例えばマッハツェンダ型光導波路を有し、分岐部をY型合波する構成の光素子において、得ることができる。

【0031】本発明の光変調器において、出力側キャピラリーを伝播した放射モード光を光電変換素子に受光させることのない出力側キャピラリー先端面の非モニタ半部の構成は、前記図5、6、7に記載されたものに限定されるものではなく、この非モニタ半部を、放射モード光に対し、非反射表面により形成してもよく、或は、この非モニタ半部より反射された放射モード光を、キャピラリー周面と、光電変換素子との間に配置された遮光手段により遮光してもよく、或は、キャピラリー内部に、非モニタ半部に指向する放射モード光を遮断する手段、例えば、遮光凹部の形成、又は遮光板の挿入などを施してもよい。

【0032】図5、6、及び7においては、基板の端面における放射モード光の反射を少なくするために、基板端面を、基板表面の光導波路出力部7の方向に対して直角をなす平面から基板表面内において（水平方向に）約5度傾斜させる場合について説明したが、基板の端面を、基板表面に対して、傾斜させた場合には、キャピラリーを図8に示すように形成することが、その加工を容易にするために有効である。

【0033】図8において、基板及びその補強部材12が、ケース30内の底面上に支持具39により支持配置され、その出力側端面を、基板表面に対して直角をなす平面から、垂直方向に傾斜して形成し、この基板出力側端面に、キャピラリー13の一端面を接合し、このとき、キャピラリー13の中空部（図示されていない）の長手方向上心線を、基板表面に対し、42～48度傾斜させる。キャピラリー13の先端面17を、この先端面と、中空部の長手方向中心線を含む垂直平面と平行な平面との交差線により、2分し（この場合は、この交差線の左右に2分する）この2分された一方の半部を、反射面として用い、この反射面から反射された放射モード光を、キャピラリーの円柱状周面により集光して、光電変換素子（例えば、ケース30の底面に配置）の受光面に受光させる。キャピラリー13の他の半部は、非モニタ

面とする。反射面と、非モニタ面との境界線は、図 6 と同様に設定することが好ましく、非モニタ面は、前述と同様に形成すればよい。

【0034】

【発明の効果】本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器は、下記の効果を有するものである。

1) 構造が簡単である。すなわち、光強度変調器素子の形状並びに構造、素子の実装方法および技術とも、モニタ出力がないものと同一であり、新たな技術を必要としない。

2) モニタ出力光は空間伝搬であり、導光用ファイバなどを必要としない。従って、ケース内への光導波路素子組込時に、モニタ光出力用導波路へのファイバ接続、光導波路素子上への受光素子の取付と配線等の特殊作業が不要である。また、受光素子並びにその配線などを予めケース内に組み込んでおくことが可能であり、更に上記作業を行うためにケース内に特別な設計を行うことが不要である。

3) モニタ光を任意な方向に放射させることが可能である。従って、受光素子の位置を自由に選ぶことができるのでケース内の空いている部分に受光素子を置くことが可能であり、ケース内に受光素子を置くための特別な設計を行うことが不要となる。

4) 放射モード光を使用する。非強度変調器としては通常捨てている光である放射モード光をモニタとして使用するため、光導波路素子にモニタ光出力用分岐部等の特別な設計部分を設ける必要がないばかりか、変調器で問題となる光の透過ロス増大をまねくことが無い。従って、従来型の光強度変調素子そのまま使用可能であり、モニタ用光導波路分岐部やモニタ光取り出し用レンズの配置が不要である。

5) モニタ出力の、環境気候による外乱変動が少なく、又はなく、正確なモニタが可能である。本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器は、放射モード光をモニタ用光として利用するため、簡単な構造及び配置によりモニタ光検知手段を設けることができ、しかも、外乱による変動が少なく、又は無いという利点を有し、有利に実用できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 (a) は、分岐部及び合一部を有する光導波路素子における放射モード光の発生を示す平面説明図。図 1 (b) は、図 1 (a) の光導波路素子における放射モード光の発生を示す側面説明図。

【図 2】従来の出力光モニタ付光導波路型光変調器の要部を示す平面説明図。

【図 3】図 2 の光変調器から出力される信号光とモニタ光の波形を示す説明図。

【図 4】図 2 の光変調器において、反射された放射モード光の光電変換素子における入射面域を示す説明図。

【図 5】本発明の光変調器の要部の構成を示す平面説明

図。

【図 6】図 5 の光変調器のキャピラリ先端面における放射モード光反射面の形状例を示す説明図。

【図 7】本発明の光変調器の構成の一例を示す平面説明図。

【図 8】本発明の光変調器の他の例の要部を示す正面説明図。

【符号の説明】

1…誘電体基板

1 a…光導波路

2, 3…分岐部

4, 5…分岐部の出力部分

6…合一点

7…出力部

8, 9…放射モード光

8 a, 9 a…放射モード光 8, 9 の伝播路

10…補強部材の端面

11…信号光

12…補強部材

12 a…入力側補強部材

13…キャピラリ

14…中空部

14 a…中空部中心線

15…出力光ファイバ

15 a…入力光ファイバ

16…キャピラリの接続端面

17…反射面

17 a…反射面上半部

17 b…反射面下半部

18…キャピラリ内部

20…光電変換素子

21…信号光の波形

22…放射モード光の波形

23, 24…反射された放射モード光

25…反射面の上半部からの放射モード光の入射面域

26…反射面下半部からの放射モード光の入射面域

27…入射面域 25, 26 の重なり部

28…除去部分

W…キャピラリ先端面からの深さ

F…キャピラリ周面からの深さ

29…キャピラリ下半部の端面

29 a…端面 29 において反射された放射モード光の方向

30…ケース

31…入力側キャピラリ

32…入力部

33, 34…電極

35…印加信号

36, 37…コネクタ

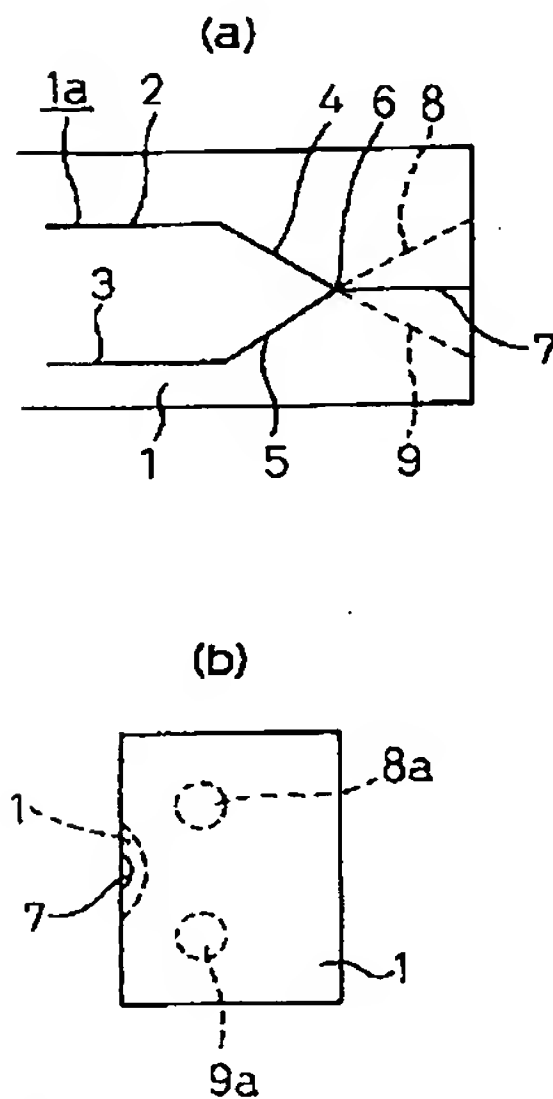
38…電気信号

39…支持具
40…境界線
40a…境界線範囲の最小端

40b…境界線範囲の最大端
R…キャピラリーの半径
r…中空部の半径

【図 1】

図 1

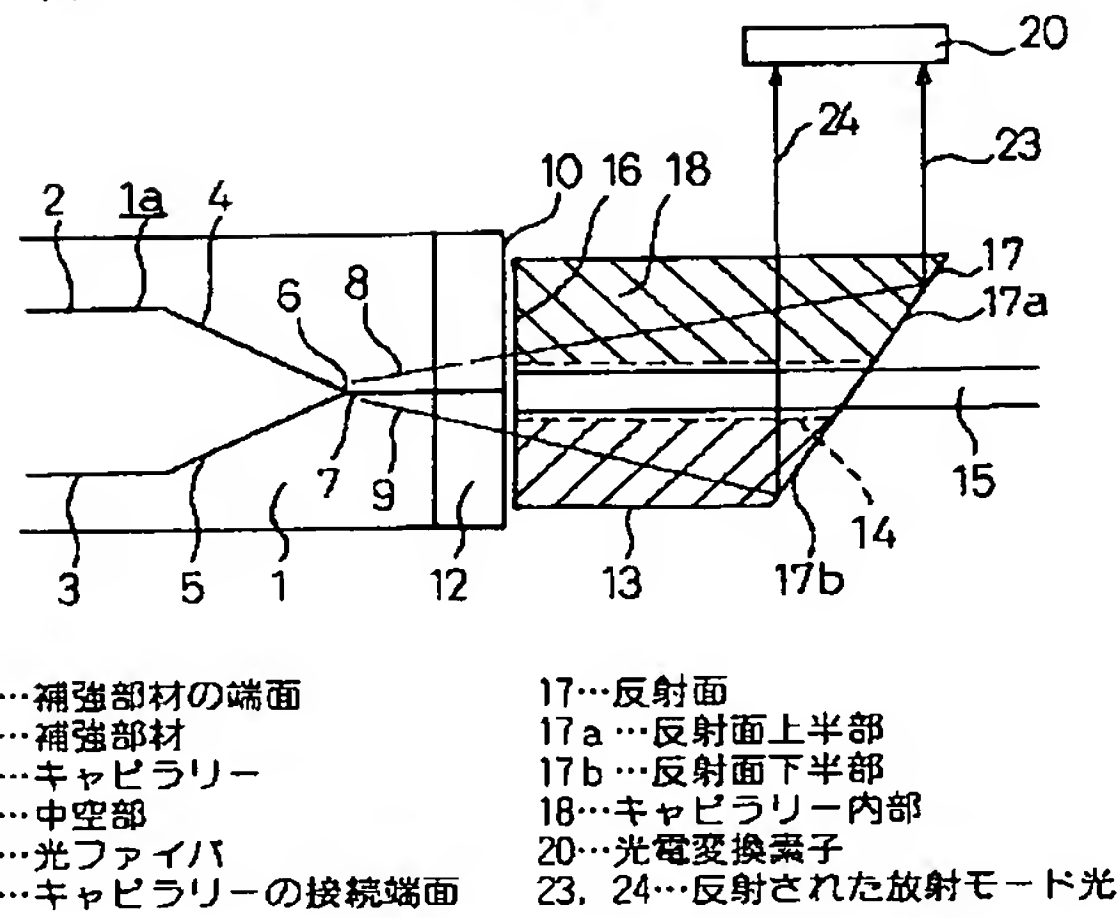


1…誘電体基板
1a…光導波路
2, 3…分岐部
4, 5…分岐部の出力部分
6…合一点
7…出力部
8, 9…放射モード光
8a, 9a…放射モード光 8, 9 の伝播路
11…信号光

【図 2】

図 2

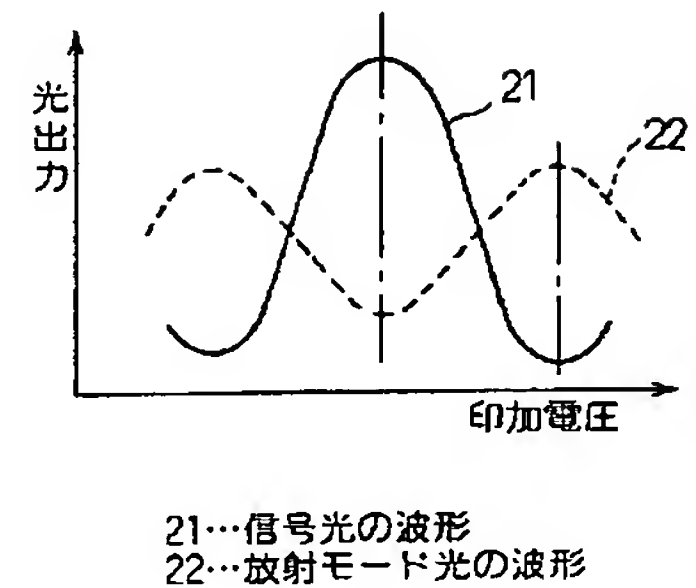
従来技術



10…補強部材の端面
12…補強部材
13…キャピラリー
14…中空部
15…光ファイバ
16…キャピラリーの接続端面
17…反射面
17a…反射面上半部
17b…反射面下半部
18…キャピラリー内部
20…光電変換素子
23, 24…反射された放射モード光

【図 3】

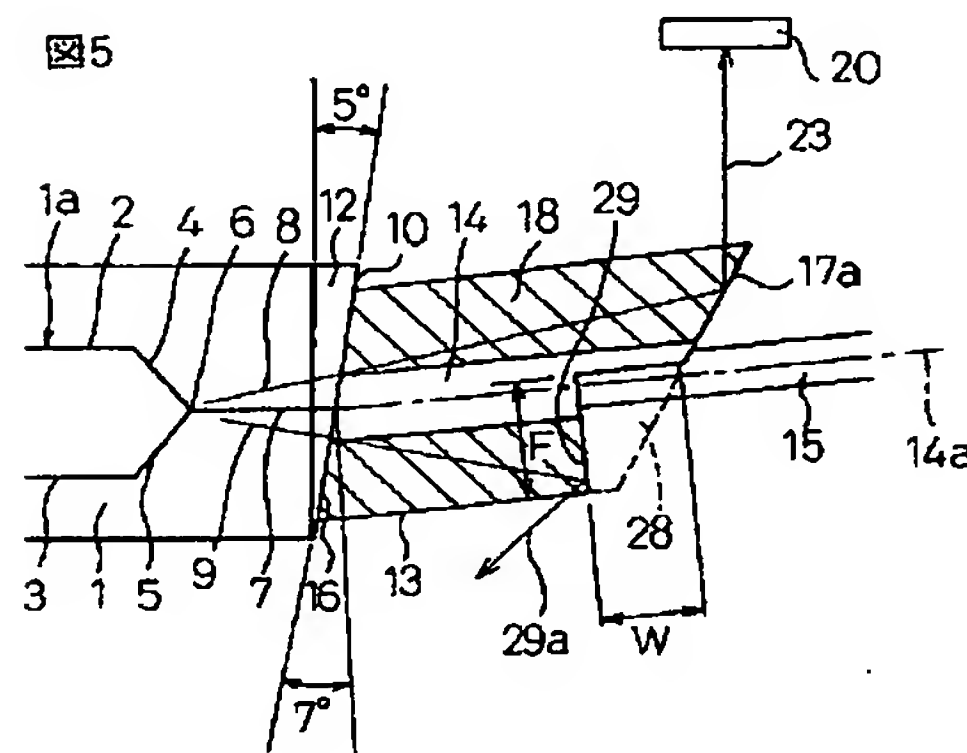
図 3



21…信号光の波形
22…放射モード光の波形

【図 5】

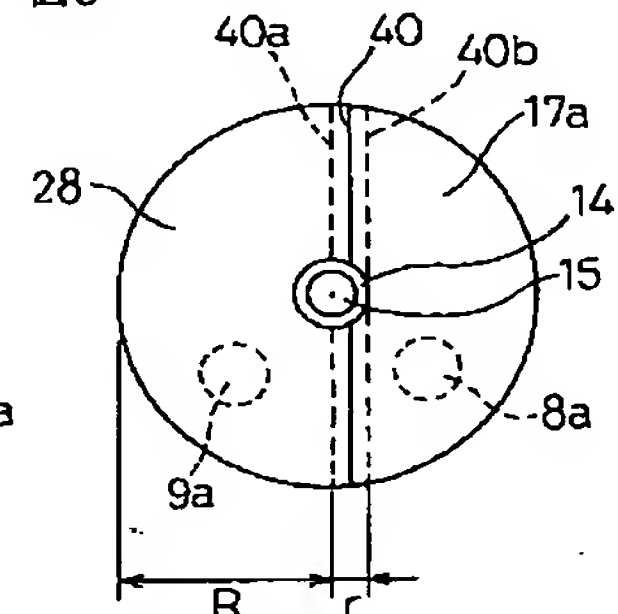
図 5



14a…中空部中心線
28…除去部分
29…キャピラリー下半部の端面
29a…端面29において反射された放射モード光の方向
F…キャピラリー周面からの深さ
W…キャピラリー先端面からの深さ

【図 6】

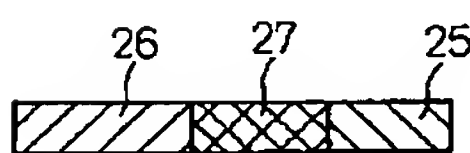
図 6



40…境界線
40a…境界線範囲の最小端
40b…境界線範囲の最大端
R…キャピラリーの半径
r…中空部の半径

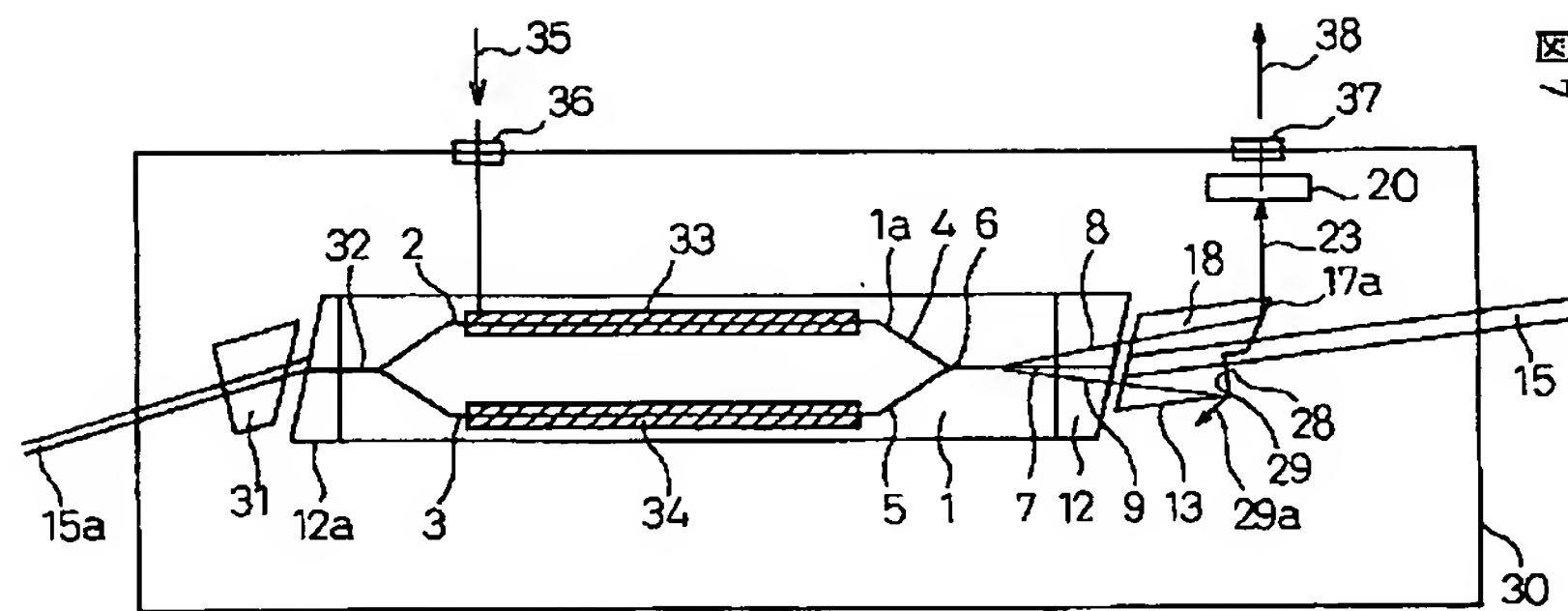
【図 4】

図 4



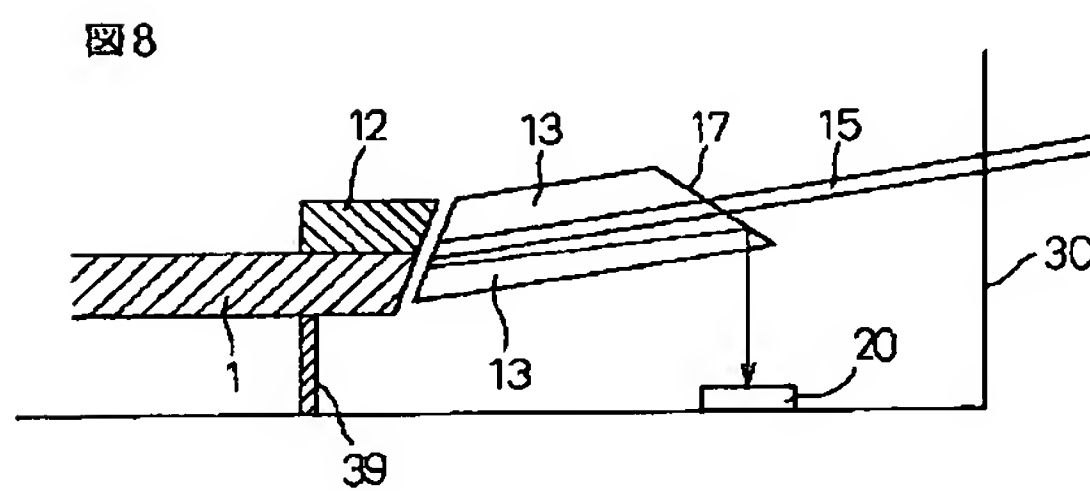
25…反射面の上半部からの放射モード光の入射面域
26…反射面下半部からの放射モード光の入射面域
27…入射面域 25, 26 の重なり部

【図 7】



12a...入力側補強部材
 15a...入力側光ファイバ
 30...ケース
 31...入力側キャピラリー
 32...入力部
 33, 34...電極
 35...印加信号
 36, 37...コネクタ
 38...電気信号

【図 8】



39...支持具

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H037 BA02 BA11 BA21 CA00 CA37
 DA06 DA15
 2H079 AA02 AA12 BA01 DA03 EA05
 EB04 HA11 KA19 KA20